

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-114767

(43)公開日 平成5年(1993)5月7日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18		9170-4M		
G 0 2 B 6/12	M	7036-2K		
H 0 1 L 31/14	A	7210-4M		

審査請求 未請求 請求項の数2(全7頁)

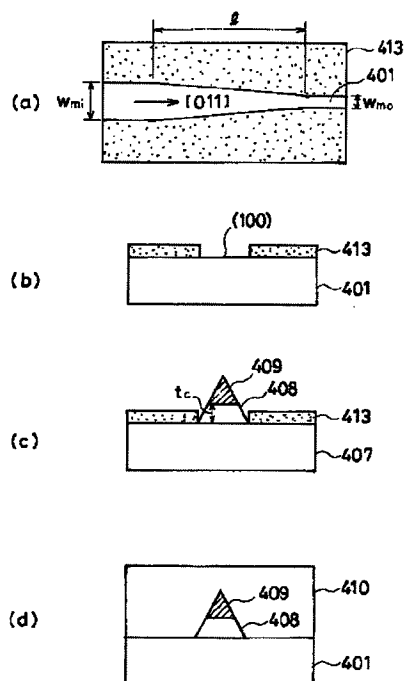
(21)出願番号	特願平3-299624	(71)出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号
(22)出願日	平成3年(1991)10月21日	(72)発明者	三冨 修 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(72)発明者	池田 正宏 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(72)発明者	笠谷 和生 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日 本電信電話株式会社内
		(74)代理人	弁理士 山川 政樹

(54)【発明の名称】 光結合デバイスの製造方法

(57)【要約】

【目的】 複数のデバイスを集積化した機能素子間を低損失で光結合をとる。

【構成】 InP半導体基板401の(100)面上にSiO<sub>2</sub>選択成長マスク413を形成する。このとき、マスク間隙のストライプ方向(光導波路の光伝搬方向)を[011]方向に設定する。次にクラッド層408を厚さt<sub>c</sub>だけエピタキシャル成長法により選択成長させる。さらにコア層409を成長させる。選択成長マスク413を除去した後、半導体基板401の全面にクラッド層410を形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁体よりなる選択成長マスクが形成された半導体基板に行う少なくとも1つの光導波層のエピタキシャル選択成長において、前記選択成長マスクの間隙幅と前記光導波層の選択成長方位面の角度とにより前記光導波層の厚さを制御し、かつ光導波方向に沿って前記光導波層をテーパ状の厚さになるように形成することを特徴とする光結合デバイスの製造方法。

【請求項2】 絶縁体よりなる選択成長マスクが形成された半導体基板に行う少なくとも1つのクラッド層および光導波層のエピタキシャル選択成長において、前記選択成長マスクの間隙幅と前記光導波層の選択成長方位面の角度と前記クラッド層の厚さとにより、前記光導波層の厚さを制御し、かつ光導波方向に沿って前記光導波層をテーパ状の厚さになるように形成することを特徴とする光結合デバイスの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光導波路を伝わる光波のスポット径を低損失で変換する光結合デバイスの製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】半導体レーザダイオード(LD)と単一モードファイバとの間を光結合させる場合、LD素子端面とファイバとを直接突合わせ結合(バットジョイント)させると、互いの光導波路光波スポットサイズが異なるために直接突合わせ部の結合損失が問題になる。通常、LDの光波スポットサイズ(モード半径:W)は1μm程度であり、ファイバのスポットサイズは約5μmであるので、この場合の結合損失は、約10dBになる。そこで、レンズにより、スポットサイズを変換することによって結合損失を低減化する方法が一般にとられている。

【0003】複数のレーザダイオード(LD)を形成した光機能素子とアレーファイバとの間を1個のレンズで光結合させる場合について、従来の構成例を図6に示す。図6において、604は半導体基板、605はLDの活性領域(光導波路部)、614はレンズ、606はファイバ、607はファイバ606を一定間隔で固定するためのV-グループアレーである。

【0004】このような構成においては、LDの集積規模が大きくなるにしたがってレンズの収差などの影響により結合損失が大きくなるために1個の半導体基板に集積できるLDの個数に制限があった。

【0005】図7に示すようなテーパ状の光導波路により光のスポットサイズを変換する光結合デバイスを、レンズの代わりとして用いることにより、LDとファイバとの間を低損失に光結合させる方法がある。図7(a)は従来の光結合デバイスの上から見た平面図、図7

(b)は断面図、図7(c)は動作原理を説明するため

の図である。すなわち図7(c)から分かるように光導波路のコア層709の屈折率差 $\Delta n = (n_2 - n_1) / n_1$ 、 $n_1$ :クラッド層701, 710の屈折率、 $n_2$ :コア層709の屈折率である]を一定の大きさに固定した場合、コア層709の大きさ、つまり厚さt、幅wを0から次第に大きくしていくと、導波光(基本モード光)のスポットサイズWは、無限の大きさから次第に小さくなり、極小値をとった後、再び大きくなる関係がある。ここで厚さt、幅wが大きくなる過ぎると、多モード導波路になり、高次モード変換による損失が大きくなるために通常この領域の寸法は用いられない。この関係を利用して光結合デバイスのコア層709のを大きさ、つまり厚さt、幅wの設計においては、光入射端側(LDとの結合側)では、LD光のスポットサイズ(約1μm)と同程度のスポットサイズ $W_i$ を与える寸法 $w_i$ 、厚さ $t_i$ (=数100nm~数μm)に、光射出端側では、ファイバのスポットサイズ(約5μm)と同程度の大きさW。を与える寸法 $t_o$ 、 $w_o$ (=数10~数100nm)に設定される。また、コア層709の大きさがテーパ状になる領域の長さlは、放射による損失を低減するために数100μmから数mm以上の長さにする必要がある。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述した従来のフォトリソグラフィ・エッチング技術を用いた場合、製作上の分解能の制約から、特に射出端側の寸法つまり厚さ $t_o$ 、幅 $w_o$ を設計値どおりに充分小さくすることが困難なために低損失の光結合デバイスを実現できなかった。

【0007】したがって本発明は、前述した従来の課題を解決するためになされたものであり、その目的は、前述した異なる2つの光機能素子、特に複数のデバイスを集積化した光機能素子間を低損失で光結合させることができる光結合デバイスの製造方法を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために本発明は、光導波路のコア部になる半導体層をエピタキシャル成長させる際、テーパ状の間隔幅を有する選択成長マスクを用いるものである。

## 【0009】

【作用】本発明においては、選択成長マスクを用いることにより、コア部の厚さ、幅がテーパ状に形成される。

## 【0010】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。図1は本発明に係る光結合デバイスの一適用例であり、アレーLD素子とファイバとの間に本発明に係る光結合デバイスを挿入し、低損失に光結合をとる場合の構成を示す図である。図2は図1に示した本発

明に係わる光結合デバイスの構成を説明する図である。図1(a)は上から見た平面図、図1(b)は断面図である。同図において、101は本発明に係わる光結合デバイスの半導体基板、102はスポットサイズ変換導波路、103は反射防止膜、104は半導体レーザ基板、105はLD活性層(光導波路部)、106は単一モード光ファイバ、107はV-グループアレーである。

【0011】このような構成において、光結合デバイスの光導波路によってLDの光波スポットサイズから、ファイバのスポットサイズに変換されるので、LDと単一モード光ファイバ106とを低損失に光結合させることができる。

【0012】図2(a)は本発明に係わる光結合デバイスの上から見た平面図、図2(b)は図2(a)のA-A'線部(光入射端部)の断面図、図2(c)は図2(a)のB-B'線部(光出射端部)の断面図である。同図において、201はInPよりなる半導体基板であり、光導波路のクラッド部になる。208はInPやInGaAsPなどからなるクラッド層、209はInGaAsP、InAlAsなどからなるコア層、210はInPなどからなるクラッド層である。211は入射光、212は出射光である。コア層209の幅 $w$ 、厚さ $t$ は、光入射部ではそれぞれ $w_i$ 、 $t_i$ であり、光出射部ではそれぞれ $w_o$ 、 $t_o$ である。また、クラッド層208の幅 $w$ 、厚さ $t$ は、光入出射部ではそれぞれ $w_{ii}$ 、 $t_c$ 、 $w_{oo}$ 、 $t_c$ である。クラッド層208、コア層209の屈折率の大きさは、それぞれ $n_1$ 、 $n_2$ である。クラッド層208にInPを用いる場合、波長 $\lambda=1.55\mu\text{m}$ 帯の光に対しては $n_1=3.166$ である。また、InGaAsPの屈折率は、その組成によって約3.2から3.5程度まで任意の大きさに設定できる。

【0013】このような構成において、光導波路における光波スポットサイズは、図7(c)に示したようにクラッド層208およびコア層209の各寸法 $w$ 、 $t$ と屈折率 $n$ との大きさに依存するので、例えばLDと光ファイバとの光結合をとる場合、例えば図2の構成において、光入射側のスポットサイズが、LDのスポットサイズ(通常、モード半径 $W$ は約 $1\mu\text{m}$ )と同程度の大きさになるように $w_i$ 、 $t_i$ の大きさを設定しており、光出射側では、ファイバのスポットサイズ( $W\sim 5\mu\text{m}$ )と同程度のスポットサイズを与える $w_o$ 、 $t_o$ を設定している。例えばコア層の屈折率差 $\Delta n$ が5~10%程度の場合、 $w_i$ 、 $t_i$ は数100nmから数 $\mu\text{m}$ 程度になり、 $w_o$ 、 $t_o$ は数10から数100nm程度の大きさになる。また、導波層がテーパ状になる領域の長さ $l$ は、モードサイズ変換に伴う放射損失が充分小さくなるような大きさにしている。例えば $l$ =数100 $\mu\text{m}$ ~数mm程度になる。また、この領域において、導波路層の大きさ $w$ 、 $t$ は、階段状に $w_i$ 、 $t_i$ から $w_o$ 、 $t_o$ に

変えても良い。

【0014】次に前述した $t$ 、 $w$ を設計値の大きさに製作するための原理を、図3に示す半導体基板の断面図により説明する。図3に示すように半導体基板301の結晶(100)面上に形成した $\text{SiO}_2$ や $\text{SiN}$ などの絶縁体よりなる選択成長マスク313のストライプ状の間隙部に半導体層308、309をエピタキシャル成長させる場合、例えばストライプ方向を $[011]$ 方向にとったとき、半導体層308、309は基板面に対して角度 $\theta$ が約55度になるような形状で成長が進み、その厚さが図中に示す $h_{\max}$ に到達した後は、成長速度が極めて遅くなるので、実質的には成長が停止した状態になることが知られている。したがって成長時間を充分長くとした場合、半導体層308、309の厚さ $h_{\max}$ は、 $h_{\max}=w\cdot\tan\theta/2$ 程度の大きさになり、マスクの間隙幅 $w$ により決まる。

【0015】一方、マスク間隙幅 $w$ の製作可能な最小幅は、使用するフォトリソグラフィ技術の空間分解能により制限され、例えば通常の紫外線露光技術を利用した場合、その大きさは $1\mu\text{m}$ 前後となり、電子ビーム露光描画技術の場合、100nm前後になる。しかし、製作したマスクの間隙幅 $w_m$ に対して図2に示すようにクラッド層208を適当な厚さ $t_c$ ( $< h_{\max}$ )だけエピタキシャル成長させた後、コア層209を形成することによってコアの厚さ $t$ は、

$$t=w_m\cdot\tan\theta/2-t_c$$

になる。したがって製作可能な幅 $w_m$ に対して厚さ $t_c$ を適当な厚さにすることにより、 $t$ 、 $w$ の大きさを原理的にいくらかでも小さくすることが可能になる。

【0016】図4は本発明による光結合デバイスの製造方法の一実施例による工程を説明する図であり、図4(a)は光結合デバイスの上から見た平面図、図4(b)~図4(d)は断面図である。同図において、まず、図4(a)、(b)に示すようにInP半導体基板401の(100)面上に $\text{SiO}_2$ 選択成長マスク413を形成する。このとき、マスク間隙のストライプ方向(光導波路の光伝搬方向)を $[011]$ 方向に設定する。次に図4(c)に示すようにクラッド層408を厚さ $t_c$ だけエピタキシャル成長法により選択成長させる。さらにコア層409を成長させる。次に図4(d)に示すように選択成長マスク413を除去した後、半導体基板401の全面にクラッド層410を形成する。

【0017】図5は本発明による光結合デバイスの製造方法の他の実施例による工程を説明する図であり、図5(a)は光結合デバイスの上から見た平面図、図5(b)は図5(a)のA-A'線部(光入射端部)の断面図、図5(c)は図5(a)のB-B'線部(光出射端部)の断面図である。同図において、この光結合デバ

イスは、図 5 (b) に示すように光入射端部のコア層 509 の厚さを  $t_1'$  を  $h_{\max}$  より小さい時点でエピタキシャル成長を止めることで製作できる。このコア層 509 は台形状になるので、導波光のフィールドパターンは楕円状になる。なお、図 2 の実施例では、導波光のフィールドパターンは円状になる。通常、LD からの出力光のフィールドパターンは楕円状になっているので、本構造にすることにより、フィールドパターン偏差による結合損失を低減できる効果が得られる。

【0018】また、本発明において、例えばコア層 509 を選択成長した後に通常のエッチング技術によってコア幅  $w$  を任意の大きさに製作することも可能である。

【0019】以上では、InP 基板上にスポットサイズ変換用導波層を形成する場合について説明したが、他の半導体材料、例えば GaAs 系に対しても同様に製作できることは自明である。

【0020】また、この光結合デバイスは、半導体材料より構成されるので、例えば半導体材料を用いた LD 素子や光スイッチなどの光機能素子の光入出射端部に本結合デバイスを同一基板上にモノリシック集積化した光デバイス、本発明により製作することも可能である。例えば半導体基板上に光機能素子導波路を形成するとき、本結合用導波路を同時に形成するあるいは光機能素子部を形成した後、互いの導波路を直接突き合わせるように光結合導波路を形成しても良い。

【0021】

【発明の効果】以上、説明したように本発明によれば、光導波路のコア部になる半導体層をエピタキシャル成長させるときにテーパ状の間隙幅を有する選択成長マスクを用いることにより、コア部の幅、厚さをテーパ状に形成できる。また、マスク形成に用いるフォトリソグラフィ技術の空間分解能の制限を受けることなく、極めて微小の導波路を形成できる。このことから、異なる 2 つの光機能素子、特に複数のデバイスを集積化した光機能素子間を低損失で光結合をとる光結合デバイスを製作することが可能となるなどの極めて優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係わる光結合デバイスをアレー LD 素子 \* 40

\* 子とファイバとの間に挿入した構成例を示す図である。

【図 2】本発明に係わる光結合デバイスの構成を説明する図である。

【図 3】図 2 に示す光結合デバイスの製作方法の原理を説明する図である。

【図 4】本発明による光結合デバイスの製造方法の一実施例を説明する工程の図である。

【図 5】本発明による光結合デバイスの製造方法の他の実施例を説明する工程の図である。

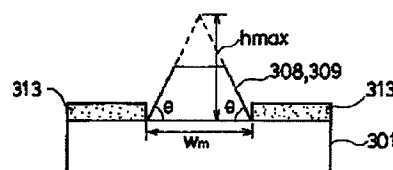
【図 6】従来の光機能素子とアレーファイバとの光結合方法を示す図である。

【図 7】従来の光結合デバイスの構成を示す図である。

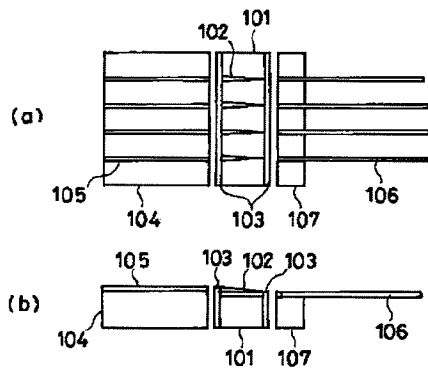
【符号の説明】

101	半導体基板
102	スポットサイズ変換導波路
103	反射防止膜
104	半導体レーザ基板
105	LD 活性層
106	光ファイバ
107	V-グループアレー
201	半導体基板
208	クラッド層
209	コア層
210	クラッド層
211	入射光
212	出射光
301	半導体基板
308	半導体層
309	半導体層
313	選択成長マスク
401	半導体基板
408	クラッド層
409	コア層
410	クラッド層
413	選択成長マスク
501	半導体基板
508	クラッド層
509	コア層
510	クラッド層

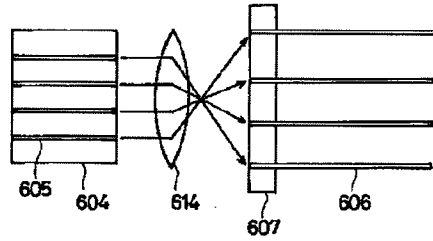
【図 3】



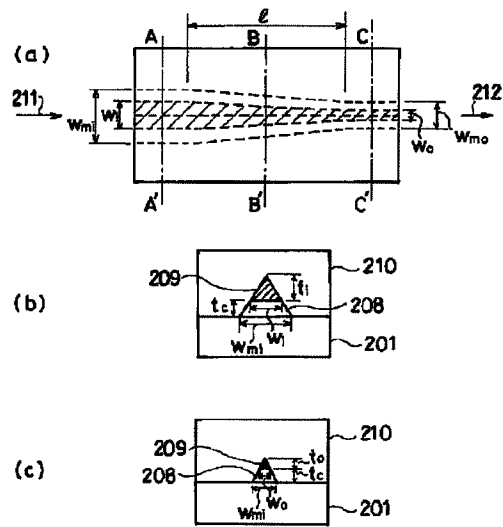
【図1】



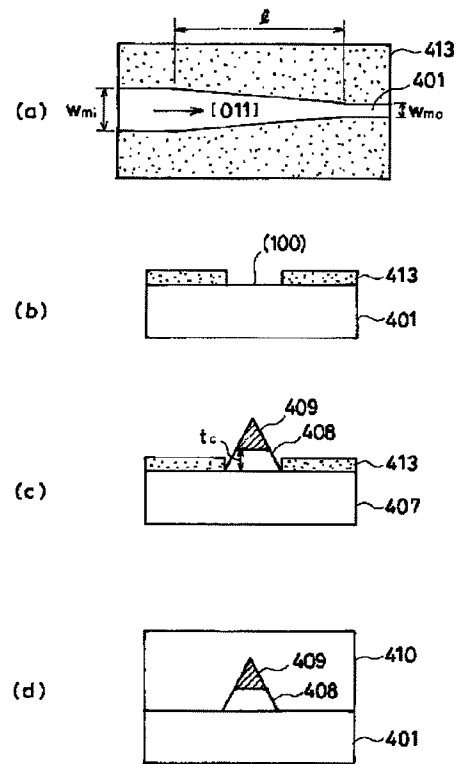
【図6】



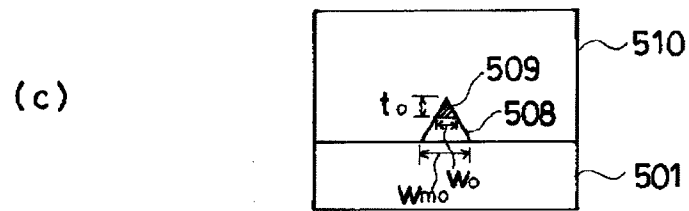
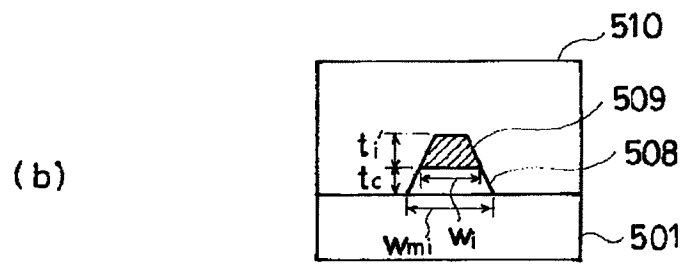
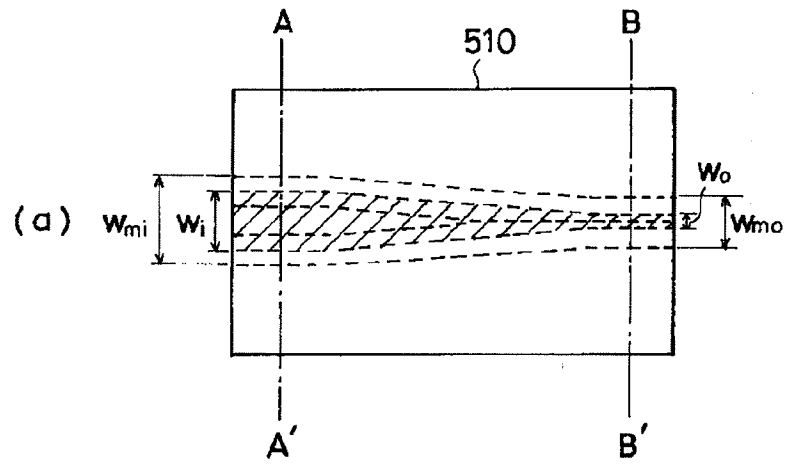
【図2】



【図4】



【図5】



【図7】

